



# L'astronomie dans le monde

## *Anions interstellaires*

Une troisième molécule ionisée négativement a été découverte dans l'espace au voisinage de l'étoile géante rouge IRC+10 216, ainsi que dans le nuage froid TMC-1. Composé de huit atomes de carbone et d'un hydrogène cet anion est aussi le plus gros. On connaît par contre huit cations et plus de 130 molécules neutres dans le milieu interstellaire.

## *S Orionis*

Les méthodes interférométriques dans les domaines radio et infrarouge ont permis d'étudier en détail la structure d'une géante rouge pulsante. L'ESO avec le VLTI (Very Large Telescope Interferometer) de Paranal et le NRAO avec le VLBA (Very Long Baseline Array) ont effectué pour la première fois des observations coordonnées de trois couches distinctes de l'atmosphère ténue de l'étoile : l'enveloppe moléculaire, celle de poussière et celle des masers (équivalents des lasers en ondes radio).

L'étoile en question est S Orionis, une variable de type Mira. Bien connue des amateurs elle varie avec une période de 420 jours et une amplitude de six ou sept magnitudes. Elle représente l'une des dernières phases traversées par une étoile de masse semblable au Soleil, avant de devenir une naine blanche.

Les Miras sont distendues à l'extrême et perdent constamment de la matière (l'équivalent d'une Terre par an) qui retourne dans l'espace interstellaire. Une étoile comme le Soleil peut ainsi perdre jusqu'à la moitié de sa masse dans cette phase agitée de son évolution.

Les grandes variations de luminosité (dans le domaine visible) ne reflètent pas des modifications équivalentes de la taille. Les dimensions ne changent en effet que de 20% au cours du cycle de S Ori.

En raison de son éloignement, la structure de l'étoile ne peut être étudiée que par des méthodes interférométriques, les molécules et les poussières dans le domaine infrarouge, et les masers en radio.

Les astronomes ont trouvé que l'émission maser est cantonnée dans une enveloppe dix fois plus grande que le Soleil, alors que le diamètre apparent de l'étoile passe de 7,9 à 9,7 millièmes de seconde d'arc au cours de son cycle, soit de 4 à 500 fois le rayon du Soleil.

L'enveloppe de poussières est encore plus immense et s'étend au-delà de deux rayons stellaires. Les masers sont dus à l'oxyde de silicium SiO et permettent de tracer le mouvement des nuages de gaz. Ils se forment aussi à deux rayons stellaires et montrent l'aspect d'anneaux ou d'arcs avec une distribution

irrégulière. Ce gaz est en expansion radiale à la vitesse de 10 km/s.

Les observations combinées indiquent qu'il y a plus de production de poussières et que l'éjection de matière est plus importante au minimum de lumière. L'expansion de l'enveloppe de poussière se poursuit jusqu'au maximum de luminosité. Cette enveloppe est constituée essentiellement de grains d'oxyde d'aluminium (du corindon).

## Courants stellaires

On pense généralement que les mouvements de groupe montrés par de nombreuses étoiles de notre Galaxie indiquent une origine commune. Les restes des petites galaxies se seraient assemblés pour former la Voie Lactée. Une étude poussée semble démontrer qu'il n'en est rien. Des perturbations internes, provenant peut-être de la barre centrale de la Galaxie, pourraient expliquer ces courants d'étoiles.

## Altair

La cartographie par interférométrie de la belle étoile de l'Aigle montre un astre en rotation rapide dont les pôles sont plus chauds que l'équateur. C'est presque conforme à la théorie, l'équateur étant plus froid que prévu.

## Etoiles jeunes

Le télescope spatial XMM-Newton a étudié deux cents étoiles en formation et a permis de mieux comprendre le phénomène d'accrétion de matière.

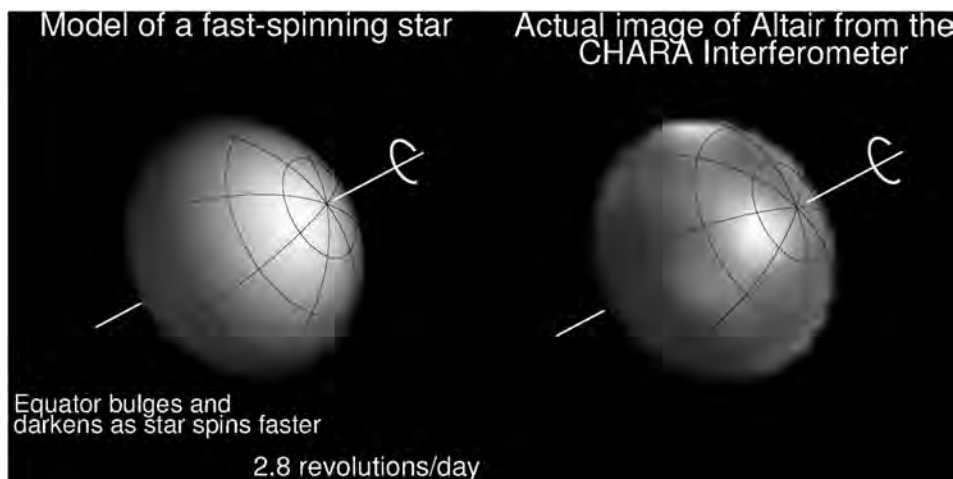
La matière qui entoure les étoiles jeunes se rassemble en un disque d'accrétion dont le comportement est régi par la gravitation mais aussi le champ magnétique stellaire. Une partie de la matière finit par tomber sur l'étoile, une autre est éjectée et le reste sert à la formation éventuelle de planètes.

La matière qui tombe sur l'atmosphère de l'étoile produit un échauffement qui se traduit par une émission ultraviolette accrue. On pensait qu'un important rayonnement X devait aussi en résulter mais il n'en est rien, cet échauffement est insuffisant. De plus, lorsque l'accrétion est la plus intense, la densité du gaz est telle qu'il absorbe les rayons X produits en surface.

A l'inverse, la matière éjectée dans les processus se déroulant autour de certaines étoiles peut provoquer l'émission de rayons X à l'extérieur des disques d'accrétion.

*Modèle d'une étoile en rotation et image d'Altair obtenue grâce à l'interféromètre CHARA.*

(© Ming Zhao, University of Michigan)



## **LH54-425**

Les observations du satellite FUSE ont permis de décrire en détail l'interaction entre deux étoiles très massives (37 et 62 fois la masse du Soleil) en orbite serrée, en particulier la collision entre les vents émis par les deux astres.

L'écartement des étoiles est d'environ un sixième d'unité astronomique et leur période orbitale est de 2,25 jours.

Avec une masse combinée d'une centaine de fois celle du Soleil, cette binaire, dénommée LH54-425, est l'une des plus extrêmes connues, tout en restant loin du record absolu détenu par WR20a qui a été pesée par les astronomes liégeois à 160 soleils.

De telles étoiles évoluent très vite. LH54-425 n'a probablement pas plus de trois millions d'années. Elles émettent en continu des vents très puissants. Celui de la plus massive domine largement l'autre de sorte qu'une zone de choc entoure cette dernière. C'est cette région de gaz ultra-chaud qui émet les rayons X et UV détectés par FUSE.

Bientôt ces étoiles enfleront et pourraient fusionner donnant lieu à une étoile encore plus massive, peut-être du genre d'éta Carinae, avant de disparaître dans un cataclysme cosmique.

## ***Alpha d'Andromède***

Cette étoile fait partie d'une classe d'étoiles dites chimiquement particulières. On y voit des concentrations anormales de certains éléments en certaines zones et l'on attribue généralement un rôle important au champ magnétique pour confiner ces régions. Une étude minutieuse montre cependant l'absence de champ magnétique sur Alpha And, ainsi que de légères variations temporelles des abondances. Il faut donc admettre que d'autres phénomènes régissent le comportement de l'étoile. Les marées provoquées par un compagnon proche pourraient être à l'origine des variations observées.

## ***LRNe***

Plus brillantes qu'une nova, mais moins qu'une supernova, les LRNe (Luminous Red Novae) pourraient résulter de la fusion de

deux étoiles. Le dernier de ces événements rares fut M85OT2006-1 dans la galaxie Messier 85. On connaît mieux V838 Mon, plus faible mais dont la proximité a permis de prendre des images spectaculaires. Dans ce cas il pourrait s'agir d'une étoile gonflant en une supergéante rouge et avalant ses planètes.

L'explosion dans M85 fut découverte durant le programme de recherche de supernovae de l'observatoire Lick au moyen d'un télescope automatique. Ces mesures sont particulièrement adaptées à la détection d'événements transitoires comme celui de M85OT2006-1. Une fois l'alerte donnée, des télescopes plus gros comme les géants de Hawaïi et du Chili sont mis en œuvre.

Les Luminous Red Novae se caractérisent par une couleur rouge très nette et leur expansion est lente comparée à celle des novae, des supernovae et des sursauts gamma GRB. La galaxie M85 est composée principalement d'étoiles vieilles, plutôt semblables au Soleil, ce qui laisse penser que ces phénomènes lumineux sont le fait d'astres de ce genre.

## ***2MASSW J1207334-393254***

Plus connue sous le sobriquet de 2MASS1207-3932 (voire 2M1207, pour les intimes), cette naine brune est décidément bien surprenante. Elle a un compagnon planétaire que les astronomes ont réussi à photographier en 2004. Elle est entourée d'un disque d'accrétion, tout comme les étoiles jeunes. On vient maintenant de lui découvrir des jets bipolaires s'étendant sur un milliard de kilomètres, un phénomène omniprésent dans l'univers, affectant depuis les trous noirs supermassifs jusqu'aux étoiles naines.

## ***Etoile à neutrons 1***

Le télescope spatial Chandra, travaillant dans le domaine des rayons X, a observé le jet émis par une étoile à neutrons dans un système binaire. Cette découverte, et la précédente, montrent que les jets ne sont pas l'apanage des trous noirs, supermassifs ou stellaires.

## ***Etoiles à neutrons 2***

Des simulations numériques lèvent le voile sur la composition chimique des couches extérieures des étoiles à neutrons. Elles montrent une forte stratification des éléments qui doit jouer un rôle important dans l'origine des explosions qui y ont lieu ainsi que dans les émissions d'ondes gravitationnelles.

## ***Les GRBs selon Swift***

Les variations observées en rayons X et gamma dans la foulée des sursauts gamma GRB ne sont pas de simples hoquets occasionnels mais font partie de l'évolution du sursaut lui-même.

## ***AGNs invisibles***

Une proportion importante des noyaux actifs de galaxie (AGN) avaient jusqu'à présent échappé à la détection. Ils sont entièrement enveloppés de poussières et n'apparaissent qu'en rayons X. Ces astres contribuent certainement de façon appréciable au fond de rayonnement X baignant l'univers.

Les AGN que l'on observe habituellement ne sont que partiellement cachés. Les poussières sont réparties en un tore, laissant ainsi la lumière échapper par les pôles.

Le télescope BAT (Burst Alert Telescope) du satellite X Swift de la NASA a pu détecter les rayons X de haute énergie capables de traverser sans dommage les épais cocons de gaz et de poussières abritant les noyaux actifs.

## ***Deux supernovae***

Deux supernovae sont apparues à moins de six semaines d'intervalle dans une lointaine galaxie d'Hercules. Il s'agit d'une simple coïncidence. Ces astres – qui sont d'ailleurs de types différents – n'ont aucun lien entre eux.

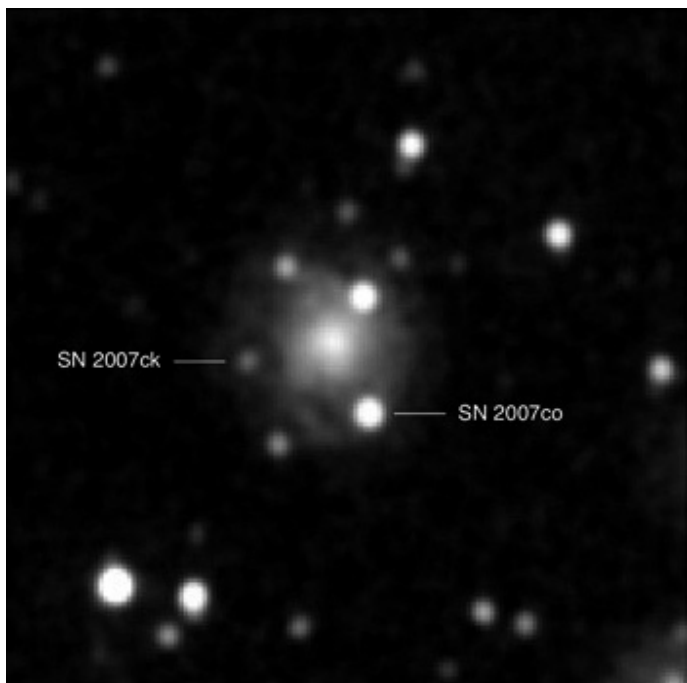
## ***Peser les trous noirs***

Une méthode suggérée dès 1998 et permettant d'estimer la masse des trous noirs a pu être testée sur quelques systèmes.

Les trous noirs sont entourés d'un disque d'accrétion. La matière transite par ce disque avant de tomber dans le trou noir. Si le débit est trop important, il peut y avoir accumulation et un embouteillage s'installe à une distance caractéristique qui dépend de la masse du trou noir. Plus le trou noir est massif et plus la distance est grande, ainsi que la période orbitale. Le gaz chaud se trouvant dans cette zone de congestion est à l'origine

***La galaxie MCG+05-43-16 et ses deux supernovae. Celle de gauche est de type II et celle de droite de type Ia.***

***(© Stefan Immler NASA/GSFC, Swift Science Team)***



d'oscillations quasi-périodiques observées en rayons X, accompagnées de variations spectrales. L'analyse de ce comportement permet de déduire la masse du trou noir.

Ainsi, le trou noir de Cygnus X-1 a été mesuré à 8,7 masses solaires et celui d'une source X de la galaxie NGC 5408 à 2000 masses solaires.

Dans les années 70, il s'est avéré que Cygnus X-1 abritait le premier candidat trou noir sérieux. Ce système consiste en une supergéante bleue accompagnée d'un astre massif invisible. La masse de celui-ci, inférée depuis le mouvement orbital, s'élève à environ dix masses solaires, en bon accord avec la nouvelle détermination.

La mesure des oscillations quasi-périodique de NGC 5408 X-1 est également en relativement bon accord avec celles fournies par deux autres méthodes. Le sujet est d'importance car la détermination de cette masse est l'une des meilleures indications concernant l'existence des trous noirs intermédiaires qui font la jonction entre les trous noirs supermassifs et les stellaires. Les scientifiques ne sont pas d'accord sur la manière dont pourraient se former de tels trous noirs. Malgré les nouvelles estimations, certains pensent d'ailleurs que la masse de NGC 5408 X-1 ne serait que de 100 masses solaires, à la limite supérieure des trous noirs stellaires.

## **Formation de trous noirs**

L'étude de quelques amas de galaxies par l'observatoire X Chandra démontre que les trous noirs supermassifs se formaient beaucoup plus rapidement à l'aube de l'univers que maintenant. Rien de plus normal puisque la matière première qui les alimentait était plus abondante.

## **Trous noirs**

Selon la théorie, on devrait parfois observer un trou noir supermassif s'échappant rapidement de sa galaxie. Ce serait une conséquence de l'énorme énergie libérée lors de la fusion de deux trous noirs. L'absence apparente de tels astres reste inexplicable.

## **Ondes gravitationnelles : Virgo entre dans sa phase d'exploitation scientifique**

*Communiqué CNRS*

Le 18 mai 2007, l'interféromètre Virgo a débuté sa première phase d'exploitation scientifique. Il s'agit d'une étape cruciale dans la traque aux ondes gravitationnelles. Virgo, le plus grand détecteur européen (franco-italien), vient rejoindre les détecteurs LIGO, aux États-Unis. Ce réseau ultraperformant d'instruments d'observation aura notamment la capacité d'observer la coalescence de trous noirs dans des galaxies éloignées et de fournir des informations sur la direction de la source.

Les ondes gravitationnelles, prédites par la théorie de la relativité générale, sont des déformations de l'espace-temps. Elles sont produites par des phénomènes astrophysiques violents dans notre Galaxie et bien au-delà. Par exemple, les explosions de supernovae ou la coalescence de deux corps compacts, tels les trous noirs ou les étoiles à neutrons. Aujourd'hui, seules des preuves indirectes de l'émission d'ondes gravitationnelles ont été observées (et récompensées par le prix Nobel de physique en 1993). La première observation directe ouvrira le champ de l'astronomie gravitationnelle et permettra d'approfondir notre compréhension de la gravitation et de la relativité générale.

La première phase d'exploitation scientifique de Virgo a commencé le 18 mai 2007. Virgo fonctionne de jour comme de nuit, constamment à l'écoute des signaux gravitationnels provenant de l'Univers proche (jusqu'à l'amas de galaxies Virgo, d'où son nom).

Virgo est essentiellement un interféromètre laser de Michelson constitué de deux bras orthogonaux de trois kilomètres de longueur. La lumière voyage plusieurs fois entre deux miroirs situés aux bouts de chaque bras, avant de se combiner avec la lumière en provenance de l'autre bras pour interférer. Les ondes gravitationnelles devraient se manifester par des dilatations et des contractions de la distance entre les miroirs de chaque bras (et par un changement de l'interférence), de l'ordre





*Vue aérienne de Virgo*  
(© Infn Photo 2002)

d'un milliardième du diamètre d'un atome ( $10^{-18}$  mètre). Pour déceler des changements si infimes, le détecteur fait appel aux technologies les plus avancées, dans les domaines de la métallurgie, de l'optique, des systèmes de contrôle, du vide, de l'informatique, de l'analyse de données, etc.

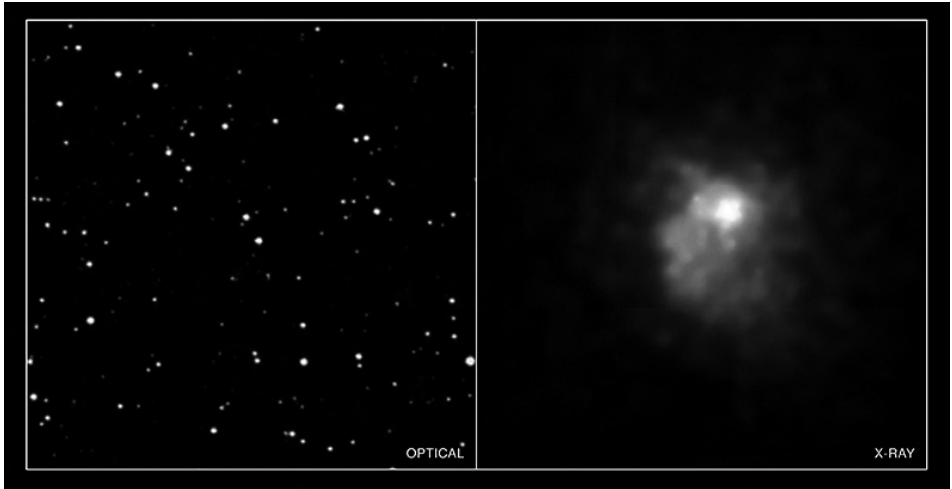
Les équipes de VIRGO se sont alliées aux scientifiques de LIGO aux Etats-Unis et de GEO au Royaume-Uni et en Allemagne, afin de rechercher en commun les ondes gravitationnelles. Les données combinées augmenteront les chances de trouver les premières ondes gravitationnelles et fourniront davantage d'informations sur la position de la source. L'analyse commune des données se fera comme si elles provenaient d'un détecteur unique constitué de plusieurs sondes réparties sur les deux rives de l'Atlantique et sur la côte est du Pacifique.

## *Amas de galaxies actifs*

L'amas de galaxies auquel appartient le quasar 3C348 montre une activité extraordinaire dans le domaine des rayons X – activité dont l'origine reste mystérieuse.

L'amas en question est baigné d'un nuage de gaz très chaud (170 millions de degrés) dont la masse totale est estimée à un million de milliards de fois celle du Soleil. L'observatoire spatial X Chandra y a détecté une structure en arc s'étendant sur plus de deux millions d'années-lumière et encore plus chaude que le reste ce qui témoigne d'un phénomène d'une puissance exceptionnelle.

L'explication la plus naturelle est que l'on assiste à une collision entre deux amas. Les galaxies sont relativement peu affectées mais les deux nuages de gaz intergalactiques se heurtent à une vitesse de plus de mille kilomètres par seconde en produisant de violentes ondes de choc. Les spécialistes pensent cepen-



*Images optique et X de l'amas contenant 3C348 (©Pal.Obs. DSS et NASA/CXC/CfA/R.P.Kraft)*

dant que les observations X ne correspondent pas exactement à ce modèle.

La seconde possibilité est de faire appel à un trou noir supermassif. La galaxie active 3C348 est la coupable désignée. Elle est le siège d'une activité débordante que l'on attribue à la gloutonnerie de son trou noir central. Celui-ci expulse deux jets symétriques bien caractéristiques visibles dans le domaine radio. En repoussant le gaz intergalactique ces jets sculpteraient la forme observée en X. Cette explication est également sujette à caution car l'énergie demandée semble impossible à rassembler. Il aurait fallu que le trou noir absorbe l'équivalent de 30 milliards de soleils - une petite galaxie - en deux cents millions d'années, quelque chose qui semble tout à fait improbable.

### ***Amas de galaxies***

Pour d'autres amas, au contraire, l'hypothèse de collision ne semble guère faire de doute. Les observatoires spatiaux XMM et Chandra démontrent qu'Abell 576 est constitué de deux amas de galaxies en collision avec une vitesse relative de 3 300 km/s le long de la ligne de visée.

### ***Galaxies actives d'amas***

Une étude fouillée d'amas et super-amas de galaxies montre une activité surprenante dans les galaxies situées loin des centres, dans les banlieues. Trous noirs supermassifs et intense formation stellaire n'y sont pas rares. Ce résultat est le fruit du projet ORELSE qui se concentre sur l'observation de l'environnement des amas très massifs situés entre 6 et 9 milliards d'années-lumière. Ces amas sont connectés entre eux par un réseau de galaxies et font partie de structures plus grandes, les super-amas. Les moyens d'observations mis en œuvre par ORELSE (télescopes géants et observatoires spatiaux) permettent d'étudier systématiquement un grand nombre d'objets au lieu de se cantonner aux quelques galaxies principales.

### ***L'univers statique, le retour***

Dans quelques milliards de milliards d'années, l'univers devrait paraître statique. Les astronomes de l'époque n'auront plus la moindre indication d'un état passé en expansion, ni d'un Big Bang. Ils n'auront d'ailleurs plus grand chose à observer en dehors des vestiges du groupe local de galaxies, le reste ayant fui hors des limites de l'épure.

## **Macho**

La distance d'un Macho (Massive astrophysical compact halo object) a pu être estimée grâce à des observations faites au sol et depuis l'espace. La distance parcourue par le Macho entre les lignes de visée permet de déduire que l'astre se trouve à 16 000 années-lumière.

## **Exoplanètes**

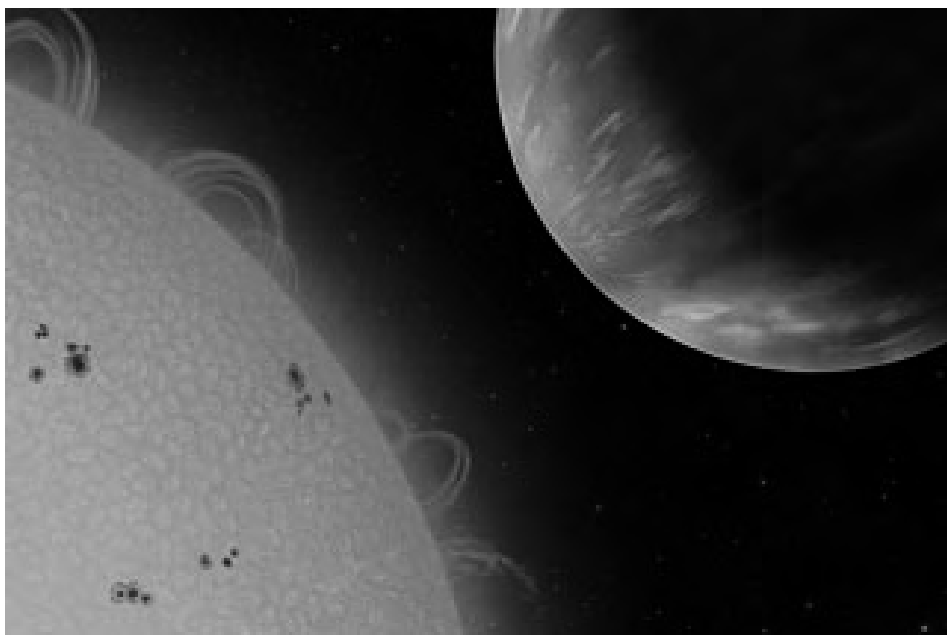
Les 28 exoplanètes découvertes au cours de l'année écoulée par l'équipe anglo-australio-américaine spécialiste de la chose ont été présentées durant la conférence de l'American Astronomical Society en mai. Cela conduisait alors à un total de 237 exoplanètes.

Outre ces 28 planètes, ces astronomes ont découverts 7 naines brunes en orbite et deux objets à la limite entre grosses planètes et petites naines brunes. Cette équipe a montré sa proximité en faisant aussi référence à ses succès antérieurs parmi lesquels figure Gliese 436b découverte en 2004 et étudiée ensuite dans ses transits par le liégeois M. Gillon et ses collègues (*Le Ciel*, juin 2007, p. 251).

Dans les nouvelles découvertes, on compte au moins quatre systèmes contenant plusieurs planètes, et probablement trois abritant une naine brune et une planète. Environ trente pour cent des planètes connues ne sont pas seules. Si l'on considère en plus que les petites planètes et celles circulant sur de grandes orbites sont très difficiles à détecter, le pourcentage doit être bien plus grand encore. Si l'on observait notre système solaire de l'extérieur, on ne découvrirait que Jupiter.

La plupart des recherches d'exoplanètes ont été menées sur des étoiles assez semblables au Soleil, mais quelques-unes concernent des étoiles plus massives, que les astronomes appellent de types A et F. L'analyse en est délicate car les spectres de ces astres sont souvent perturbés par des phénomènes de pulsation et une rotation rapide. Des étoiles suffisamment rassises ont cependant permis une analyse et des planètes ont été trouvées autour de trois d'entre elles qui s'ajoutent aux six connues antérieurement. Ces neuf cas sont

*Vue d'artiste du système de Gliese 436*  
(© Lynnette Cook)





loin de permettre une statistique fine mais une tendance semble se dégager : les orbites sont plus grandes qu'autour des étoiles moins massives et aucune n'a moins de 0,8 UA de rayon. Contrairement aux autres, on ne trouve aucun Jupiter chaud, mais on y trouve plus fréquemment des Jupiters normaux, à quelques UA de l'étoile, signe probable d'un disque protoplanétaire plus massif.

### ***Exoplanètes habitables ?***

On aurait annoncé un peu tôt que la planète Gliese 581c était habitable (cf. « Exoplanète Tellurique », 25-04-2007). Après calcul et modélisation, il s'avère qu'elle est trop chaude, mais une autre planète (la « d ») de ce système qui décidément ne manque pas de ressources serait habitable.

### ***Exoplanètes habitables, suite***

Contrairement aux idées reçues, des planètes en orbite autour d'étoiles naines rouges pourraient abriter la vie. Une atmosphère, un champ magnétique et une rotation synchronisée avec l'orbite pourraient protéger certaines régions des rayons X et des éruptions stellaires.

### ***Une année de 31 heures***

Les découvertes de planètes réalisées à l'aide de petits moyens (voir *Le Ciel* p. 238 et suivantes) se poursuivent. La méthode favorise des astres exotiques proches de leur étoile et de grande taille par rapport à celle-ci. Ainsi nous signalions brièvement dans ces pages l'exoplanète TrES-3, très massive (deux fois autant que Jupiter) et dont la période de révolution est l'une des plus courtes connues (un jour et un tiers). C'est la troisième planète découverte à l'occasion du programme de recherche TrES. Il a suffi d'un télescope de 10 cm pour détecter les variations de lumière de 2,5 pour cent survenant chaque fois qu'elle passe devant l'étoile. L'orbite est si serrée que la température de la planète doit atteindre environ 1500 K.

Parmi les exos les plus exos, XO-3b découverte avec l'aide d'amateurs grâce à ses transits, s'avère la plus lourde, à la limite des

naines brunes, et la plus excentrique. Comme le nom l'indique il s'agit de la troisième découverte dans le programme XO sponsorisé par la NASA et conduit depuis Hawaii avec un petit télescope binoculaire. Sa masse de 13 jupiters en fait la plus lourde des planètes en orbite aussi serrée. Son orbite curieuse est également exceptionnelle. Elle pose un problème de classification supplémentaire aux astronomes qui pensent que le terme de planète doit être réservé aux astres selon un critère de formation et non d'orbite. Or une telle orbite est plutôt le fait d'une naine brune que d'une planète. L'intérêt de la découverte provient également de la rareté de naines brunes découvertes lors des recherches de planètes par effet Doppler. Alors que les super-Jupiter tombent à la pelle, on ne trouve guère d'astres plus massifs. Ce domaine de masse (entre 123 et 80 jupiters) est parfois dénommé le désert des naines brunes.

### ***Une année d'un an***

Une exoplanète que l'on vient de découvrir dans Persée a comme particularité de décrire son orbite en une année terrestre. Elle tourne autour d'une géante rouge, préfigurant ainsi le sort de la Terre dans quelques milliards d'années. La découverte est due à A. Wolszczan, l'inventeur des premières exoplanètes en 1992. C'est le télescope géant Hobby-Eberly (HET) de 9 m 20 de l'observatoire McDonald (Texas) qui a été utilisé pour les observations.

### ***Valse des Jupiters***

C'est également en utilisant le télescope Hobby-Eberly Telescope que les astronomes ont découvert un système planétaire extraordinaire. Deux planètes de type jupitérien évoluent sur des orbites de rayons 0,6 et 1,2 unité astronomique. Les fortes résonances entre les deux entraînent des variations continues et opposées de leur forme, tantôt presque circulaire, tantôt très excentrique. Les calculs montrent qu'à long terme, cette configuration est stable. La formation d'un tel système exige la présence d'un disque protostellaire très massif.

## ***Super-Jupiters***

Les « super-Jupiters » sont rarement fort éloignés de leur étoile. C'est ce que démontre une étude statistique basée sur des images faites avec le Simultaneous Differential Imager (SDI), un instrument qui permettrait de distinguer de tels astres à plus de 10 unités astronomiques de leur étoile.

## ***Planètes isolées***

Les simulations numériques faites avec de puissants ordinateurs nous enseignent que les interactions dans les systèmes planétaires devraient conduire à l'éjection d'une forte proportion de planètes. L'espace interstellaire devrait donc regorger de ces mondes isolés, qui seraient peut-être plus nombreux que les planètes en orbite. Cela expliquerait aussi les fortes excentricités observées dans les orbites des exoplanètes.

*Le disque entourant HD15115 est bien visible sur cette image prise par le HST.*

## ***Disque de HD 15115***

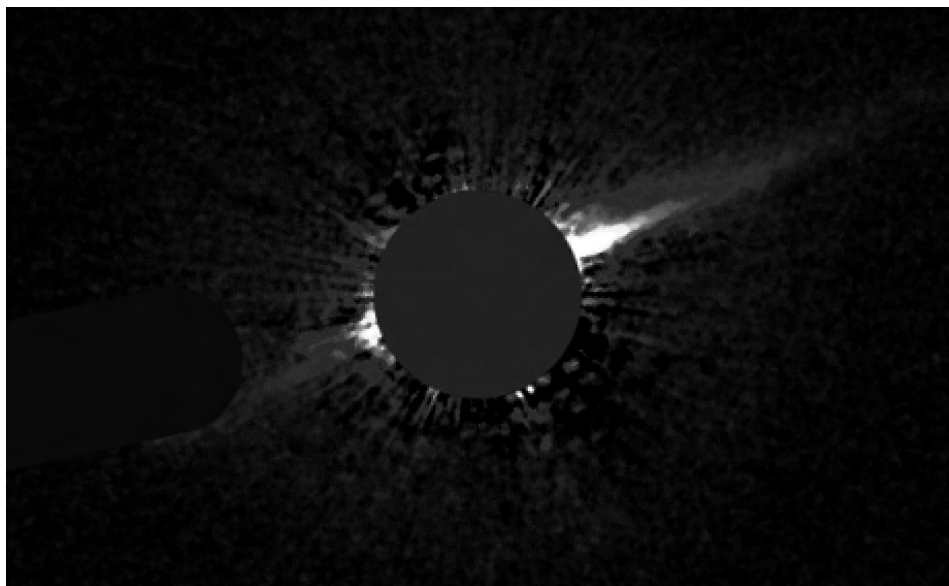
L'étoile HD 15115 est entourée d'un immense disque de matière résultant du processus de formation planétaire. Il s'agit de l'équivalent de notre ceinture de Kuiper. Ce disque se caractérise par une couleur anormalement bleue et une forte asymétrie consécutive à une évolution chaotique, peut-être liée à l'effet perturbateur d'une étoile voisine.

## ***Impact majeur***

Un feu de forêt est à l'origine de la découverte de nouveaux débris provenant de l'impact géant de Sudbury. Cet impact d'un astéroïde de la taille de l'Everest a eu lieu il y a 1,8 milliard d'années, créant un cratère de 250 km de diamètre. Jusqu'à présent on n'avait trouvé que de petits fragments profondément enfouis, alors que ceux que l'on vient de découvrir sont plus gros et affleurent à la surface du sol.

## ***Impact et mini-extinction***

Beaucoup plus récent, mais de moindre ampleur que celui de Sudbury et que celui de Chixculub, un autre impact astéroïdal attire



l'attention des scientifiques. Un événement semblable à celui qui a provoqué l'extinction des dinosaures se serait produit à plus petite échelle il y a 13 000 ans. Un corps céleste de 5 km de diamètre aurait explosé au-dessus de l'Amérique du Nord conduisant à l'extinction des mammouths et autres mastodontes, ainsi qu'à la disparition des premières civilisations de l'âge de la pierre dans la région. La vague de froid aurait aussi affecté l'Europe et l'Asie.

Les indices appuyant cette hypothèse proviennent des sédiments analysés en une vingtaine de sites d'Amérique du Nord. On y trouve des matériaux inhabituels comme des minuscules billes de verre et de carbone, des particules de diamant et de l'iridium, cet élément très rare qui a eu tant d'importance pour établir la cause de l'extinction beaucoup plus ancienne et dramatique des dinosaures. Des dépôts noirâtres sont peut-être les résidus de

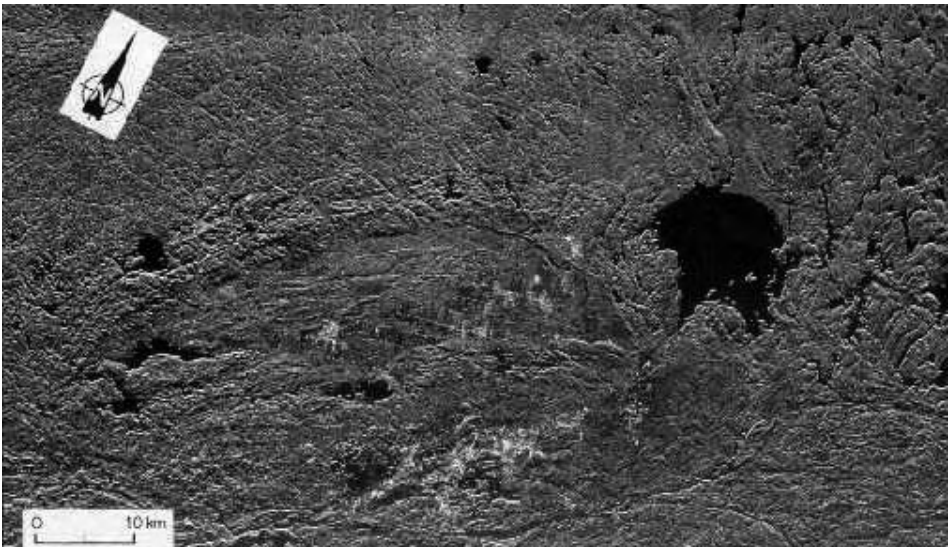
gigantesques incendies qui auraient ravagé le continent. Le refroidissement global de mille ans qui a suivi le « Dryas récent » et l'apparition ultérieure de l'agriculture, pourraient être des conséquences de l'impact.

On ne connaît pas de cratère associé à cet événement, mais il faut dire qu'à l'époque un énorme glacier (le « Laurentide Ice Sheet ») recouvrait une bonne partie de l'Amérique du Nord et a pu masquer l'impact. D'autre part, le bolide a pu exploser en vol comme, peut-être (voir sujet suivant), celui de la Tounngouska en 1908.

Les mammouths n'ont pas été les seuls à souffrir de l'impact. Toute une série d'animaux ont disparu, comme les chevaux et les chameaux américains, les tigres à dents de sabre, des ours géants, etc.

Les hommes aussi en ont peut-être fait les frais si l'on en croit cette théorie. On sait en effet que la culture dite de Clovis a disparu de façon aussi abrupte que mystérieuse en Caroline du Sud à cette même époque. Mais les autres populations n'ont pas connu de sort comparable et l'apparition simultanée d'autres cultures jette un doute sur la relation de cause à effet.

*Par un caprice du hasard, cette image radar de la région de Sudbury montre un cratère d'impact abritant le lac Wanapitei, mais cette structure est bien postérieure au fameux impact d'il y a 1,8 milliards d'années.*  
(© Earth Impact Database, 2003)



## **Toungouska**

Quant à la Toungouska que nous venons d'évoquer, il est possible que le lac Cheko, situé à quelques kilomètres du site dévasté par l'explosion de 1908, soit un cratère d'impact lié à l'événement. Jusqu'ici on n'a cependant identifié avec certitude aucun cratère, ni retrouvé le moindre fragment du corps céleste impliqué

## **Gaz carbonique**

L'Océan Austral, qui entoure l'Antarctique, est saturé en gaz carbonique et est devenu incapable d'en absorber plus. Cela n'arrange évidemment pas nos problèmes.

## **L'effet Pioneer**

Le ralentissement anormal des sondes Pioneer aux confins du système solaire semble de plus en plus devoir être attribué à des forces connues, et ne pas remettre en cause les lois de la gravitation.

Rappelons que Pioneer 10 fut la première sonde à explorer le système solaire externe, au-delà de Mars. Elle visita Jupiter en décembre 1973. Pioneer 11 passa près de Jupiter un an plus tard, et poursuivit jusqu'à Saturne qu'elle atteignit en septembre 1979

## **L'eau sur Mars**

Des analyses apparemment contradictoires viennent grossir le volumineux dossier de l'eau sur Mars. On attribue généralement à la Planète Rouge



***Reconstruction 3-D de la morphologie du lac Cheko, avec le niveau de l'eau situé 40 mètres sous sa vraie position pour en montrer les détails. (© Gasperini et al. Terra Nova 19)***

un passé chaud et humide, conséquence d'un effet de serre plus ou moins éphémère. Des observations faites avec le spectromètre OMEGA de la sonde Mars Express montrent qu'il n'y aurait pas eu assez de CO<sub>2</sub> pour permettre un tel effet. La présence de méthane (autre gaz à effet de serre) en quantité suffi-

sante semble également exclue. La planète serait donc restée constamment froide et sèche même si l'un ou l'autre impact majeur a pu modifier brièvement ces conditions.

Mais les robots qui explorent la planète in situ ne semblent pas du même avis.

La détection de concentrations élevées de silice par le rover Spirit est sans doute la meilleure preuve que Mars possédait beaucoup plus d'eau dans le passé.

Une des six roues du rover est bloquée, et c'est dans la trace qu'elle laisse sur le sol que le rover a trouvé certains des échantillons les plus intéressants. Le spectromètre à rayons alpha a mesuré jusqu'à 90 pour cent de silice dans le sol. Cela pourrait résulter de sources chaudes ou de l'interaction du sol avec des vapeurs acides provenant de l'activité volcanique en présence d'eau. Cette découverte s'ajoute à d'autres indicateurs, comme du volcanisme explosif, ou des minéraux ayant été altérés.

La région où a eu lieu cette découverte avait déjà été étudiée minutieusement, mais sans le hasard de la roue bloquée elle ne se serait sans doute pas réalisée.

Il y a plus de vingt ans, les sondes Viking repéraient une « ligne de côte » laissant penser qu'un océan avait pu exister sur Mars. Toutefois, l'idée fut remise en question par la sonde Mars Global Surveyor car cette structure n'apparaissait pas toujours à la même élévation (jusqu'à un kilomètre de différence) – alors que les côtes terrestres se trouvent évidemment à la même altitude comparé au niveau de la mer... Aujourd'hui, on explique ces différences d'élévation par le mouvement de l'axe de rotation martien : en effet, un renflement a tendance à se produire à l'équateur des planètes en rotation, et cela pourrait expliquer les différences d'altitude observées.

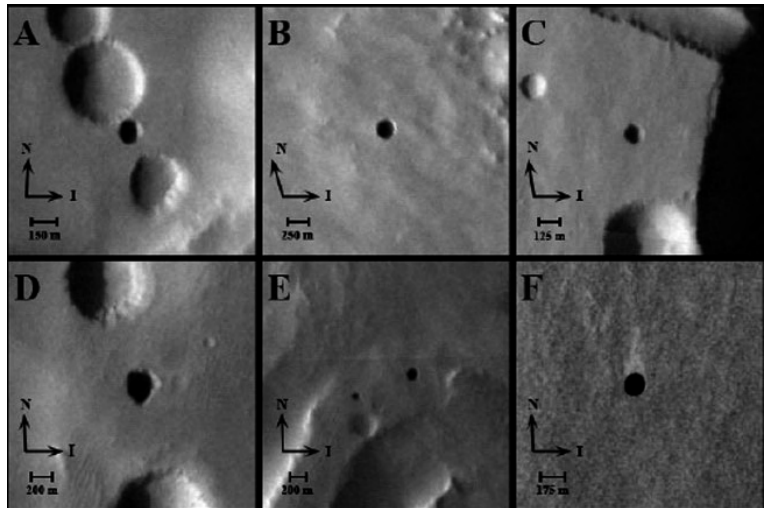
## Spéléo martienne

Les images en provenance de la sonde *Odyssey* de la NASA montrent des cratères très spéciaux près d'un volcan. Au lieu de présenter un relief caractéristique en forme de bol, l'intérieur est étrangement noir, signe d'une grande profondeur et de parois verticales qui feraient le bonheur de spéléologues martiens. La mesure de la température du fond au moyen des capteurs infrarouges d'*Odyssey* confirme cela. Les variations entre le jour et la nuit sont beaucoup moindres au fond qu'à l'extérieur de ces puits. Leur profondeur est estimée à une centaine de mètres et plus, mais elle n'a réellement pu être mesurée que pour l'un d'entre eux, baptisé Dena, en donnant une valeur de 130 m.

On pense que c'est l'effondrement de la voûte de tubes de lave qui a créé ces trous, un phénomène bien connu sur Terre.

Comme toujours pour Mars il faut bien parler des possibilités de vie offertes par ces cavernes. Elles constituent une protection contre les météorites, le rayonnement UV,

*Images prises par THEMIS montrant les entrées de sept cavernes (les « sept sœurs »). Les flèches indiquent l'éclairage (I) et le nord (N). (© USGS/NAU/ASU)*





les éruptions solaires et les rayonnements de toutes sortes et constituent donc un endroit privilégié pour y mener des recherches de traces de vie.

## ***Les anneaux de Saturne***

La structure des anneaux de Saturne est beaucoup moins uniforme qu'on ne le croyait et leur masse est deux fois plus élevée que les valeurs admises jusqu'ici.

C'est l'observation de la scintillation de la lumière des étoiles passant derrière les anneaux et observée par Cassini qui a permis d'obtenir ce résultat. Au lieu d'être réparties plus ou moins uniformément autour de Saturne, les particules s'agglutinent en plaques instables, qui se désagrègent constamment pour en reformer d'autres. Les particules passent ainsi la plupart de leur temps dans ces agrégats, ce qui explique que l'on avait sous-estimé leur quantité.

## ***Encelade***

Les effets de marée sur Encelade expliquent l'origine et la fréquence des geysers observés au pôle sud de cette lune de Saturne. La taille réduite d'Encelade ne lui a pas permis de conserver l'énergie interne acquise lors de sa formation, et ne lui permet pas non plus d'en générer suffisamment par sa radioactivité propre. Par contre, l'excentricité de l'orbite entraîne une variation cyclique de l'amplitude et de la localisation des marées provoquant ainsi un malaxage continu générateur d'énergie. Des simulations numériques montrent que les mouvements engendrés au niveau des failles (« tiger strips ») permettent à la glace sous-jacente de se vaporiser et de s'échapper dans l'espace à certaines phases de l'orbite. La validité du modèle devra être confirmée en vérifiant que ce sont bien les failles qui dégagent la vapeur. Il faudra aussi vérifier que les éruptions ont lieu régulièrement aux mêmes phases. Comme les failles doivent s'ouvrir en majorité au point le plus éloigné de l'orbite, il faudra déterminer si les éruptions sont effectivement plus fréquentes à l'apogée.

## ***Autres lunes actives***

Téthys et Dioné, deux lunes de Saturne, éjecteraient, elles aussi, des particules dans l'espace, peut-être à cause d'une activité géologique, voire volcanique. Ces objets rejoignent Encelade dans le club très sélect des sources de plasma dans l'environnement de Saturne.

## ***Hypérion***

Les observations réalisées par la sonde Cassini apportent quelques précisions sur la lune-éponge Hypérion. Sa densité est moitié moindre que celle de l'eau ce qui expliquerait le mode de formation des curieux cratères. D'autre part on y a trouvé des molécules hydrocarbonées.

## ***Titan***

Les scientifiques ont déterminé la nature des molécules constituant le smog de Titan grâce aux observations réalisées par la sonde Cassini. Il s'agit d'ions lourds de molécules organiques formées à partir de l'azote et du méthane sous l'influence du rayonnement solaire. Ces ions dont la masse peut atteindre des milliers de fois celle du proton retombent graduellement au sol et forment les dépôts sombres que l'on y observe.

D'autre part, toujours grâce aux observations de Cassini, la cartographie de Titan se développe. Des champs de dunes, des mers profondes, des archipels parsèment ce monde enchanteur.

## ***Satellites d'Uranus***

La première occultation d'un satellite d'Uranus par un autre a été observée. Cet événement (dit « mutuel ») très rare est l'occasion de mesurer certaines caractéristiques de ces lunes lointaines.

## ***Pluton dépassé***

Cela ne fait plus de doute, Pluton l'ex-neuvième planète n'est pas l'objet de la ceinture de Kuiper le plus massif : Eris, ex-Xéna et ex-future dixième planète, a une masse 27% plus grande.

Et l'exploration de cette zone du système solaire est loin d'être complète.